

工人高级操作技能
训练辅导丛书

镗 铣 工

(铣工部分)

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

机械工业出版社

本书重点讲述了高级铣工的操作技能。书中介绍了铣床、数控铣床、铣床特种附件及可转位铣刀。对圆柱齿轮、斜齿轮、圆锥齿轮、蜗轮蜗杆、离合器、凸轮的测绘和修配方法作了较详细的介绍。同时，对交错三面刃铣刀、凹凸模、复合面、复合孔、特种球面等螺旋角圆锥铣刀的铣削过程、操作方法和有关计算等也作了详细的介绍。最后还对工艺规程的编制、铣床夹具的设计作了较全面的介绍。本书列举了较多的操作实例，图文并茂，适用于中、高级铣工自学，以及教学人员参考。

本书由上海机床厂姜传富、马兰松、贺盛文、黄陵福、俞雪麟编写，常州机床厂仲泳渊、上海机床厂马兰松审稿。

镗 铣 工

(铣工部分)

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会 编

责任编辑：刘洁 责任校对：马志正

封面设计：肖晴 版式设计：张世琴

责任印制：张俊民

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南街一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

机械工业出版社京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

开本 787×1092¹/₁₆·印张15³/₄·字数384千字

1991年2月北京第一版·1991年2月北京第一次印刷

印数 0,001—5,350 ·定价：8.50元

ISBN 7-111-02179-7/TG·560

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会名单

主任委员：郭洪泽

副主任委员：李宜春 田国开

委员：（以姓氏笔划为序）

王美珍 刘葵香 杨晓毅 张惠英

胡有林 胡振中 董无岸 董慎行

前 言

高级技术工人是体力劳动与脑力劳动融为一体的新型的专门人才，是增强企业活力和国家四化建设中的重要技术力量。高级技术工人的状况如何，是企业素质好坏的一个重要标志。

当前，机电工业企业中高级技术工人数量不足、技术素质偏低、年龄偏高、青黄不接、后继乏人，已成为企业生产发展和技术进步的严重障碍。大力开展高级技术工人培训工作，加紧培养一批高级技术工人，尽快改变企业高级工严重短缺的局面，建成一支以中级工为主体、高级工为骨干的技术工人队伍，是进一步发展机电工业的当务之急。

1987年原国家机械工业委员会制定颁布了《工人高级操作技能训练大纲（试行）》，作为机械行业开展高级工操作技能培训的依据。为了帮助企业更好地贯彻《大纲》，提高技能培训质量，并为广大中、高级技术工人自学成才提供方便，现又组织力量编写了《工人高级操作技能训练辅导丛书》。《丛书》共17种，包括了《大纲》中列入的15个通用技术工种，有车工、镗铣工（镗工部分）、镗铣工（铣工部分）、刨工、磨工、齿轮工、钳工、工具钳工、铸造工、锻工、模锻工、铆工、电焊工、模型工、热处理工和维修电工。

《丛书》是依据《工人技术等级标准（通用部分）》中有关工种的“应会”部分和《工人高级操作技能训练大纲（试行）》的要求编写的。编写的指导思想坚持了“面向企业，面向生产，自学为主，学以致用”的原则，紧密围绕提高工人的实际操作技能和分析解决生产中实际问题的能力这一根本宗旨，重点介绍了具有代表性和先进性的生产工艺、设备及操作方法、技能技巧，并把有关的技能知识有机地融合进去。

在具体内容的安排上，各书以本工种中级工“应会”为起点，依次介绍了高级工应掌握的复杂设备的调整、试车方法；复杂装置和设备生产岗位的全部操作要求；复杂、典型零件的加工工艺、检查方法和先进的操作技巧；国内外有关的新技术、新工艺、新材料、新设备的推广、应用情况。书中收集列举了大量的操作实例，图文并茂，具有较强的针对性、实用性，有助于工人举一反三，利用所掌握的工艺分析能力、技能知识和操作方法，解决生产中的实际问题，开展技术革新。

《丛书》是由上海机电工业管理局组织企业的工程技术人员、技工培训教师和优秀的老技师、老工人合作编写的。北京、江苏、河南、湖南、陕西等省、市机械工业企业的有关同志参加了审稿。

编写、出版高级工操作技能训练方面的书，在我国还是第一次，缺乏借鉴，难度很大。为了编好《丛书》，编、审人员和有关方面付出了艰巨的劳动，谨向他们致以衷心的感谢！并恳切地希望广大技工教育工作者和读者给《丛书》多提宝贵意见，以便将来修订，使之更好地为高级工培训工作服务。

工人高级操作技能训练辅导丛书编委会

1989年2月

目 录

前言

第一单元 概述	1
第二单元 铣床	3
(一) 铣床精度验收	3
(二) 常用铣床的一般调整	6
(三) 数控铣床	7
思考题	17
第三单元 铣床附件及刀具	18
(一) 铣床特种附件	18
(二) 铣床辅具	24
(三) 铣刀	28
思考题	35
第四单元 齿轮的测绘和修配	36
(一) 直齿圆柱齿轮的测绘和修配	36
(二) 斜齿圆柱齿轮的测绘和修配	45
(三) 直齿圆锥齿轮的测绘和修配	51
(四) 蜗杆、蜗轮的测绘和修配	61
思考题	74
第五单元 凸轮和牙嵌式离合器的测绘和修配	75
(一) 凸轮的测绘和修配	75
(二) 牙嵌式离合器的测绘和修配	82
思考题	90
第六单元 操作实例	91
(一) 交错齿三面刃铣刀开齿	91
(二) 凹凸模铣削加工	99
(三) 复合斜面铣削	110
(四) 复合斜孔铣削加工	118
(五) 特种球面铣削	125
(六) 等螺旋角圆锥铣刀的铣削	128
思考题	132
第七单元 难加工材料的铣削	133
(一) 难加工材料	133
(二) 难加工材料的物理力学性能对切削加工性的影响	133
(三) 难加工材料的铣削	134
思考题	137
第八单元 工艺规程编制	138
(一) 基础知识	138

(二) 工艺规程编制的基本原则及依据	142
(三) 工艺规程编制步骤	174
(四) 典型零件工艺规程编制示例	181
思考题	214
第九单元 铣床夹具设计	216
(一) 铣床夹具的应用	216
(二) 铣床夹具的分类	216
(三) 铣床夹具设计的依据	217
(四) 铣床夹具设计	218
(五) 组合夹具的应用	233
思考题	238
附录	239
表1 立式升降台铣床的验收精度标准和验收方法	239
表2 卧式升降台铣床的验收精度标准和验收方法	242

第一单元 概 述

铣削加工可以用来加工平面、成形表面、沟槽、螺纹及齿轮等，也可以用来切断材料。铣削是切削加工中的重要方法之一，特别是复杂构件与复杂形面，几乎都是采用铣削加工来完成的。因此，铣削在机械加工中应用得很广泛。

每种铣削有时可以用不同的铣刀来进行。如铣平面可以用平面铣刀、立铣刀、端铣刀、两面刃铣刀等。铣槽可以用立铣刀、三面刃铣刀和槽铣刀等。铣刀实际上是一种多刃刀具。铣削时，每个刀齿可以不连续地进行切削，散热条件好。由于几个刀齿同时参加切削，允许有较大的进给量和较高的切削速度。特别是使用先进刀具，如涂层镶片式铣刀，切削速度和总的进给量都可以大于车削。因此，铣削又是一种高生产率的加工方法。大批量生产中，几乎可以取代刨削加工。

铣床是铣削加工中的主要设备，铣床的通用性能较好，加上附件与工具可以适应多种加工的需要。随着技术不断发展，铣床的精度、万能性及自动化程度都不断地提高。尤其是数控铣床与加工中心的推广应用，在很大程度上满足了多品种、高质量、高效率的切削加工的需要，同时也迅速地更新和丰富了铣床技术。这是铣削技术发展的必然趋势。

随着高精尖产品的不断涌现，零件的复杂程度和精密程度都在不断地提高。工厂对于劳动生产率的提高和产品适应市场的应变能力提出了越来越迫切的要求。为了适应这种形势，对工人进行有系统地技术培训，使之在尽可能短的时间内，迅速地掌握较全面的知识和技能，已变得十分迫切与必要。本书是针对已通过中级铣工培训和高级铣工应知学习后的铣工，进一步提高高级铣工操作技能培训而编写的，重点讲叙高级铣工操作知识与技能、零件加工工艺分析和工艺规程编制技能，还介绍了有关新工艺、新技术、新材料和新设备等知识，并通过典型加工实例的讲解，帮助学员掌握典型加工实例，起到举一反三，灵活运用的作用。

为适应铣削加工的需要，各种类型、品种、规格的通用铣削设备和专业化、高效率、自动化的设备有了很大的发展，并配备各种不同精度等级的附件、刀具，供铣削加工时选用。目前，最常用的铣床是立铣床、卧铣床、万能铣床、龙门铣床、工具铣床、仿形铣床及近年来出现并迅速发展起来的数控铣床和铣镗类加工中心。这些铣削设备虽然各具特色，但其基本原理、构造和工作性能是相似的。因此，本书仅以万能铣床为例，对其原理、结构、性能、铣床的精度测试和调整方法，以及机床保养、维修等作了介绍。对于新型铣床——数控铣床也作了一些介绍。配合设备的介绍，本书还介绍了若干种铣床附件及刀具的原理、结构和运用实例。

高级铣工技能培训中心内容之一是高精度、高难度零件的铣削操作和维修配件的加工。在这方面，本书介绍了三面刃铣刀的开齿和配合式凹凸冲、剪模具、复合斜面、复合斜孔、特殊曲面及圆锥面螺旋铣刀开齿等复杂形面的铣削，机床调整、工具、刀具、量具的选用；常用传动易损件如齿轮、蜗轮、凸轮、离合器等典型零件的测量与铣削；毛坯的准备、加工和器具的使用，并附有必要的基本计算公式及相关的技术数据。

高级铣工技能培训的另一个中心内容是工艺规程的编制及夹具设计。本书从基本知识、编制和设计步骤、编制和设计实例等方面作了必要的介绍。典型零件工艺规程示例，不仅可以供学员作格式和内容方面的参考，而且可以使学员从中了解到如何处理不同类型的零件的综合性的工艺因素，它包括各工种加工中的关系、冷热加工和检查工序的处理等一系列的因素。通过学习使学员掌握高难度零件的铣削加工技术和解决生产实际遇到的工艺问题，并具有改进工艺方案、工艺规程、夹具和工具的能力，成为一名综合能力较强、技术熟练的高级铣工。

作为一名高级铣工，不只是在生产中制造出高难度的合格零件，还要综合运用所学知识和技能，不断地从多方面努力提高生产效率。只有这样，才能优质高产低消耗，为国家建设做出更多的贡献。

第二单元 铣 床

内容提要 本单元主要介绍铣床的验收标准和验收方法，以及通用铣床常见故障排除方法。此外，还介绍一些数控铣床的基本知识及操作实例。

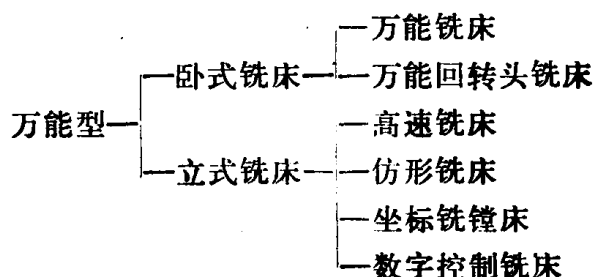
目的 通过本单元的学习，懂得铣床验收标准，熟悉和掌握铣床的验收方法。同时对数控铣床的工艺性及特点有所了解。

(一) 铣床精度验收

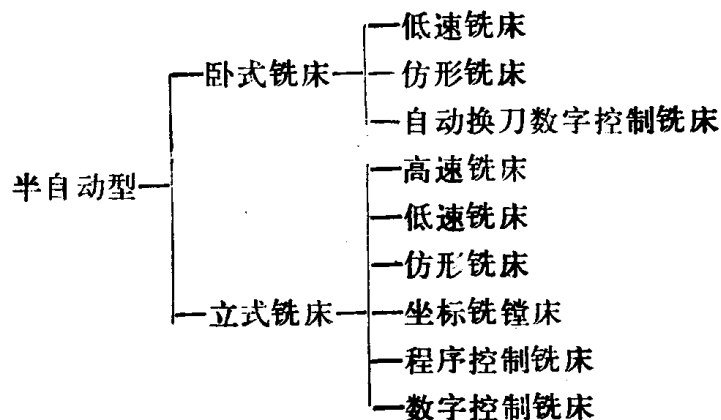
1. 常用立式铣床和卧式铣床系列

常用立式铣床和卧式铣床系列由万能型、半自动型、轻型三种类型构成。

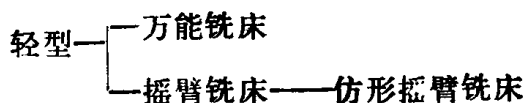
(1) 万能型



(2) 半自动型



(3) 轻型



2. 铣床类机床组型划分 (见表2-1)

3. 常用立式铣床和卧式铣床的规格 (见表2-2)

在常用铣床中使用得比较普遍的是卧式万能铣床，现着重介绍X62W型铣床的功能与主要技术规格。

表2-1 铣床类机床组型划分表

组别	名称	型号	类别(及分类)		组别	名称	型号	类别(及分类)	
			铣床					铣床	
			X					X	
0	仪表铣床	0	—		2	龙门及双柱铣床	0	龙门铣床	
		1	—				1	龙门铣镗床	
		2	—				2	龙门铣刨床	
		3	—				3	—	
		4	—				4	—	
		5	台式立铣床				5	双柱铣床	
		6	台式卧铣床				6	—	
		7	—				7	—	
		8	其它(仪表)铣床				8	桥式龙门铣床	
		9	—				9	—	
1	单柱铣床	0	—		3	平面及端面铣床	0	—	
		1	—				1	—	
		2	—				2	—	
		3	—				3	—	
		4	—				4	—	
		5	单柱铣床				5	端面铣床	
		6	—				6	双端面铣床	
		7	—				7	—	
		8	—				8	移动式端面铣床	
		9	—				9	—	

表2-2 常用立式铣床和卧式铣床的规格 (mm)

工作台工作面宽度 B		200	250	320	400	500
工作台长度 L		900	1100	1320	1700	2000
工作台 T 形槽宽度		14		18		22
工作台行程	纵向 $L_1 \geq$	500	630	800	1000	1250
	横向 $L_2 \geq$	190	235	300	375	450
	垂直 $L_3 \geq$	万能铣床	340	370	400	450
卧式铣床、立式铣床		360	400	430	480	500
卧式铣床主轴中心线到工作台面的最小距离 $H_1 \leq$		20		30		
立式铣床主轴端面到工作台的最小距离 $H \leq$		40		60		80
主轴序号		40		50		

- 注: 1. 升降台铣床主参数为工作台工作面宽度(即工作面等高部分的宽度);
 2. H_1 以铣头套筒(或滑枕)在最上位置时计算;
 3. 主轴序号见JB2324—78《铣床主轴端部尺寸》。

X62W型卧式万能升降台铣床能完成各种铣削，如铣削平面、沟槽、特形面、各种齿轮和螺旋槽等。为了便于操作，该机床设有下列装置：

(1) 复式操纵装置 机床的前面和左侧各有一组按钮和手柄的复式操纵装置。操作者可在前面和左侧两个不同的位置上操作。

(2) 按钮 主轴的运动、停止和快速行程均由按钮操纵。

(3) 手柄 工作台的进给由手柄来操纵。手柄所指的方向，就是工作台进给的方向，不易产生错误。

(4) 速度预选机构 采用速度预选机构来改变主轴转速和工作台的进给量。

(5) 转速控制继电器 用转速控制继电器的反接作用来进行有效的制动。

X62W型铣床的主要技术规格：

工作台工作面积（宽×长） 320×1250mm

工作台最大行程

纵向（手动/机动） 700mm/680mm

横向（手动/机动） 260mm/240mm

升降（垂直）（手动/机动） 320mm/300mm

工作台最大回转角度 $\pm 45^\circ$

主轴锥孔锥度 7:24

主轴中心线至工作台面间距离

最大 350mm

最小 30mm

主轴中心线至横梁的距离 155mm

床身垂直导轨至工作台中心距离

最大 470mm

最小 215mm

主轴转速（18级） 30~1500r/min

工作台纵向、横向进给量（18级） 23.5~1180mm/min

工作台升降进给量（18级） 8~400mm/min

工作台纵向、横向快速移动速度 2300mm/min

工作台升降快速移动速度 770mm/min

主电动机功率×转速 7kW×1450r/min

进给电动机功率×转速 1.5kW×1410r/min

最大载重量 500kg

机床的工作精度

加工表面平面度 150:0.02mm

加工表面平行度 150:0.02mm

加工表面垂直度 150:0.02mm

4. 铣床的验收精度标准和验收方法

(1) 开箱时的验收顺序 新机床的验收，要从开箱起注意预防损坏机床。要按照装箱说明书，弄清机床在箱内的位置再开箱。开箱后要按说明书核对各种附件，仔细察看机床在

运输途中是否有损坏之处，如有损坏应及时与制造单位商量解决。接着清除机床各部分的防锈油，可以用汽油棉纱擦洗，避免用金属工具和其它损伤机床表面的油类等物质擦洗。然后在各注油孔、注油眼中注入不同的润滑油，调节好各部位的塞铁间隙，检查各手柄的弹簧，使各手柄均转动轻松，灵活可靠。在检验铣床的几何精度前，应调整好铣床，使之处于水平。调整时工作台应处于纵向、横向、垂直方向行程的中间位置。

(2) 铣床几何精度检验 铣床几何精度的检验按 JB2315—78、JB2316—78 的要求进行。验收精度标准和验收方法见本书附录表 1 及表 2。

(二) 常用铣床的一般调整

1. 纵向丝杠螺母的间隙调整

丝杠螺母传动机构的螺纹之间存在着间隙。由于螺母一般采用铸铁和铜材制成，硬度和耐磨性比丝杠低，因此磨损较快。随着使用时间的增长，它们之间的配合间隙也逐渐增大。当纵向丝杠螺母间隙过大，在顺铣时会因为铣刀作用在工作面上的水平分力的方向与工作台进给方向相同而产生工作台窜动（即带刀现象），造成工件表面粗糙，严重时会引起打刀事故。当横向进给时，由于振动也会影响工件的表面粗糙度和工作表面与其它表面的位置误差。所以必须将间隙调整到允许的范围（0.05mm 左右）。

X62W 型万能铣床调整机构如图 2-1 所示。在固定螺母 1 的左边增加一个调整螺母 3，两者的端面紧贴。调整螺母 3 的外圆为一个蜗轮，并与蜗杆 2 啮合。调整时，在工作台正面左边位置上卸下盖板 7，拧松压环 5 上的螺钉 6 以后，即可转动蜗杆 2 带动调整螺母 3 绕丝杠 4 旋转，使调整螺母 3 的螺牙与丝杠螺牙的右侧贴合为止。这时固定螺母 1 的螺牙与丝杠螺牙左侧贴合，间隙也就消除了。调整的松紧程度，以手轮摇动丝杠检查，并在工作台全长上不应有卡住现象。调整完毕后，再拧紧压环上的螺钉即可。

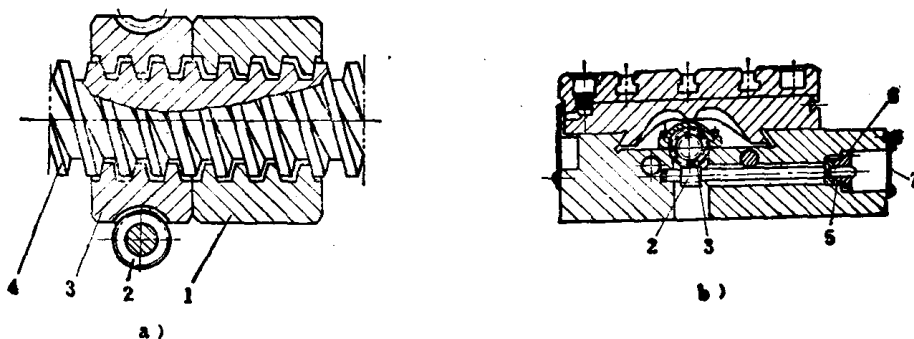


图 2-1 丝杠螺母间隙调整机构

1—固定螺母 2—蜗杆 3—调整螺母 4—丝杠 5—压环 6—螺钉 7—盖板

2. 主轴松紧的调整

铣床主轴的装配形式是通过一对滚珠推力轴承，以背对背的安装方式固定在立铣头内或者机床床身上。由于滚珠推力轴承的内圈呈锥形，在铣削时因振动和主轴高速运转发热会出现主轴的窜动和摆动现象。因此必须及时进行主轴间隙的调整。图 2-2 是 X62W 主轴轴承松紧的调整示意图。

调整时先松开锁紧螺钉 3，然后转动调整螺母 2，使间隙适中，再将锁紧螺钉 3 重新锁

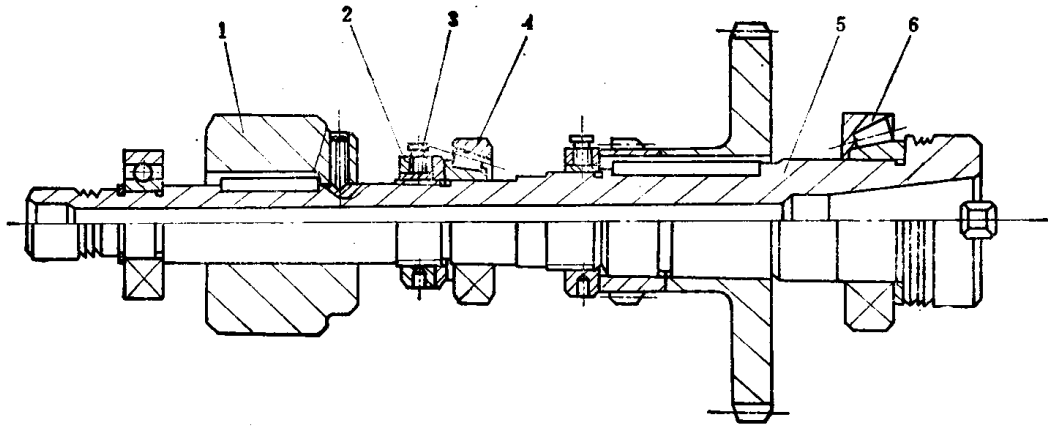


图2-2 X62W主轴轴承松紧的调整

1—飞轮 2—调整螺母 3—锁紧螺钉 4、6—轴承 5—主轴体

紧。继而进行主轴空转试验。测试主轴间隙时，应将主轴转速设置在最高挡，运行30~60 min，主轴与轴承配合处温度不超过60℃为宜。

(三) 数控铣床

与普通机床相比，数控机床有许多特点：

适用性强：用数控机床加工形状复杂的零件时，只需少量的工夹具，可以在一块坯料上加工出复杂的廓形。因此用料省，费用低，而且准备和加工周期短。

加工精度高：一般可保证在0.01mm的精度左右。加工零件的一致性较好，质量稳定。特别是同批零件互换性好，从而减少了废品率，为装配提供了方便。

生产率高：数控机床的主轴转速及进给速率较高，更换方便，可随时采用最佳切削用量加工。辅助动作迅速、准确。因此机床利用率及切削效率高，改善了劳动条件。

1. 数控机床的数控原理与基本组成部分

(1) 机床数字控制实现的基本原理
现以图2-3为例来说明实现机床数字控制的基本原理。

在图2-3中，ABCDE构成封闭曲线，为样板的外形。加工这样的外形有各种方法。

当采用普通立式铣床时，先在平板形坯件上

划出样板的外形曲线，(划出的曲线实际上是多个折线 Δl_i 所连接而成)，然后装夹在铣床工作台上，按划线铣削出直线外形AB与AE部分。继续手动纵向和横向进给，相互密切配合，沿曲线的划线铣出外形来。设纵向进给为X向，横向进给为Y向。铣削出来曲线的精密性与表面粗糙度主要决定于X与Y的配合精确程度。也就是说，当纵向进给 Δx_i 时，必须横向进给 Δy_i ，使得铣刀保持接近划线的位置，即切出的形面接近划线。从图中可以看到，当 Δx_i 与 Δy_i 取得越小，切出的形面越接近划线。然而，由于手工操作的局限性， Δx_i 与 Δy_i 不可能取

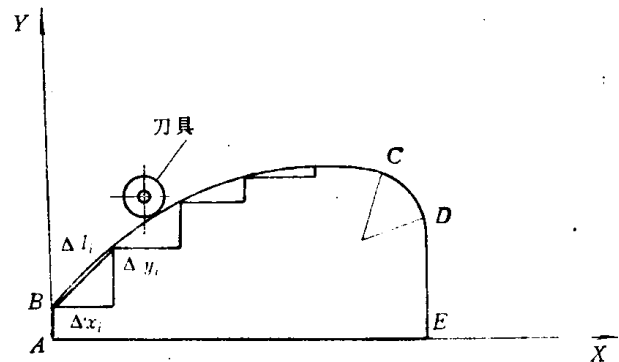


图2-3 样板

得很小，因此加工出来的曲面必然与实际曲面有差距。并且这个差距随着操作者的技能高低而变动。实践证明，加工误差要小到0.1mm，表面粗糙度优于 $Ra0.63\mu m$ 相当困难。

如果采用数控机床，将手动操作改为自动操作，并在手柄的位置装上步进电机。那么步进电机按照所给的电脉冲数量的多少转动相应的角度，实现进给 Δx_i 与 Δy_i 。而分配给步进电机脉冲数量的多少是根据所要加工曲线的精确程度来选定的，并且 Δx_i 与 Δy_i 间相互保持图样给定的数学关系。假定图2-3中曲线BC呈抛物线的一段，则 Δx_i 与 Δy_i 间应保持某一抛物线方程所规定的数学关系。这种数学关系通过编程时的数学处理，编入计算机程序中，运用机床上的数控装置转换为进给电脉冲，从而实现数控自动连续加工曲线BC。

(2) 数控机床的基本组成部分 数控机床的基本组成部分有：

- 1) 机械设备：即加工机床的主机（包括冷却、润滑和排屑系统），它的进给系统是由步进电机、滚珠螺母、丝杠副组成的驱动工作台或床鞍。
- 2) 数控系统：即包括微型计算机或数控装置在内的信息输入与输出、运算和存储等一系列微电子器件与线路。
- 3) 操作系统：即开关、按钮、键盘、显示器等一系列辅助操作器件和低压电路。
- 4) 附属设备：如对刀装置、机外编程器、纸带穿孔机、磁带、测头等。

2. 数控程序编制简述

数控机床（除加工中心）在运行过程中，一般情况下操作者是不参与控制的，而是依赖数控装置或微机，按照事先编好的运行程序发出指令，实现自动循环运行（更换加工件及刀具，多数为手工操作，机床暂停运行）。因此，运行程序、数控装置或微机的功能是管理和运用数控机床所必须了解的。数控机床的操作者，实际上是机床的管理者、监督者。操作者只有在机床超出正常工作条件时，才参与控制，进行调整或给予补充、修改指令。

由于数控装置和微机的功能方面的知识比较复杂，涉及到许多微电子理论与器件，在此就不作介绍了。下面就数控机床的运行程序有关知识作概念性的简要介绍。

(1) 程序的概念 对于普通机床（如铣床）加工，一般在加工前先由工艺人员按零件图样及技术条件，编制零件加工工艺规程（施工工艺卡）。在工艺规程中，已经规定了零件的毛坯形式及尺寸、加工顺序与内容、切削参数、机床、刀具、夹具和有关事项。操作者按工艺规程进行手工操作加工。

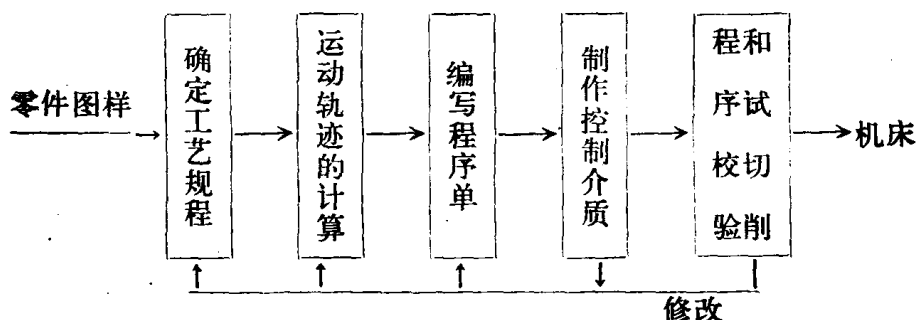
在数控机床（如数控铣床）上加工，机床根据“程序”，通过数控系统，实行自动操作。“程序”是根据待加工零件的图样及技术的要求，运用数控机床所拥有的功能及规定的代码（机器语言）编制而成的。也就是将零件加工的工艺顺序、运动轨迹与方向、位移量、工艺参数（转数、进给量、切削深度）以及辅助动作（变速、冷却液开停、夹紧或松开刀具）按动作顺序，用数控机床规定的代码和程序格式编制成加工程序单（相当于普通机床加工的施工工艺规程）。再将程序单中的内容制成控制介质（如穿孔纸带、磁带等），输入数控装置或微机，从而控制数控机床自动加工。

从零件图样到制成控制介质的过程称为数控机床的程序编制。通常为了节省人力和提高设备利用率，程序编制工作由专业人员负责，或者由工艺人员兼任。只有较高级的数控机床操作者，才有必要掌握编程技术。

(2) 程序的编制步骤 数控加工程序编制的方法主要有手工编程和自动编程（计算机零件编程）两种。计算机自动编程时，编程人员只需根据零件的图样和工艺过程，用规定的

数控语言，手工编写一个简短的零件源程序输入计算机。其它如运动轨迹的计算、加工程序单的编制、控制带的制作等都由计算机及其外围设备（如打印机、自动穿孔机等）自动地完成。所编的程序还可以通过屏幕或自动绘图仪进行图形检查，以便增、删和修改，直至程序单完全正确为止。

手工编程的内容及步骤如下所示：



1) 确定工艺规程：根据零件图样，对零件的材料、形状、技术要求、工艺方案等进行详细的分析，确定加工方法、工艺路线及加工顺序，选择机床、刀具、夹具及切削用量。为了充分发挥数控机床的效能，应选择进给路线短、换刀次数少、计算简单、程序尽可能少的方法，并保证加工质量及安全运行。

2) 运动轨迹的坐标计算：根据图形的几何尺寸、走刀路线及机床数控系统的功能和规定的坐标系，计算零件轮廓和刀具运动轨迹的坐标值，如几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点等基本坐标。对于圆头刀具，有时还要计算刀具圆心运动轨迹的坐标；对于非圆曲线，要计算逼近线段的交点（亦称节点）坐标。这些计算还必须符合脉冲当量及允许误差的要求。

3) 编写使用程序单：根据计算出的数值和已确定的走刀顺序、切削参数、刀号及辅助功能，按照数控装置规定使用的指令代码及程序段格式逐段编写程序单。在程序段前加上程序顺序号，在程序段后加结束符号。程序单上还要附上必要的零件加工示意图、刀具和刀具布置图及必要的说明（如零件名称、图号、机床型号、日期及某些代号等）。

4) 制备控制介质：将程序单上的内容记录在控制介质上，作为数控装置的输入信息。一般用穿孔机在纸带上打出代码孔，使用时通过光电阅读机读入，或将程序单上的内容直接用键盘输入。

5) 程序校验和试切削：控制介质制定后，必须经过校验及试切削才能用于正式加工中。一般的方法是将控制介质上的内容直接输入数控装置，进行机床的空运转检验。即用笔代替刀具，用坐标纸代替工件进行空运转画图，检验机床运动轨迹与动作的正确性。

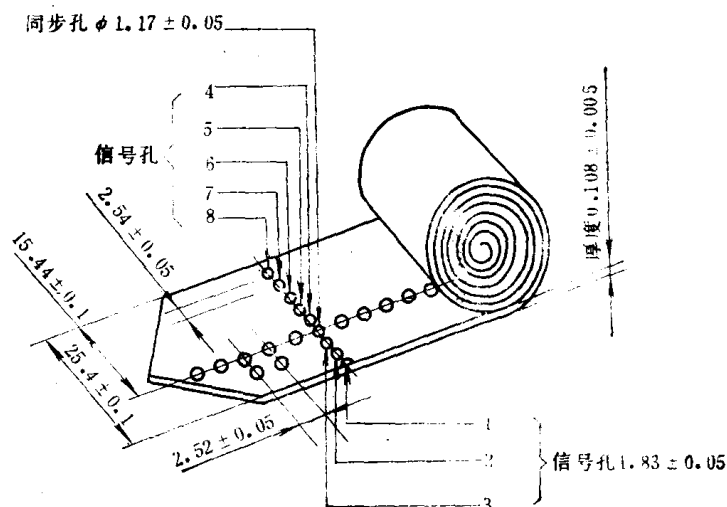


图2-4 八通道标准穿孔纸带

3. 程序编制有关标准及代码

(1) 穿孔带及其代码 作为数控机床输入信息的控制介质有穿孔带、磁带、穿孔卡及手动键盘。常用的标准纸带有五单位（每排五孔，宽17.5mm）和八单位（每排八孔，宽25.4

表2-3 数控机床用ISO编码表

代 码 孔								代码符号	定 义
8	7	6	5	4	3	2	1		
		○	○		○			0	数字0
		○	○		○			1	数字1
		○	○		○			2	数字2
		○	○		○			3	数字3
		○	○		○			4	数字4
		○	○		○			5	数字5
		○	○		○			6	数字6
		○	○		○			7	数字7
		○	○		○			8	数字8
		○	○		○			9	数字9
		○	○		○			A	绕着X坐标的角度
		○	○		○			B	绕着Y坐标的角度
		○	○		○			C	绕着Z坐标的角度
		○	○		○			D	特殊坐标的角度尺寸,或第三进给速度功能
		○	○		○			E	特殊坐标的角度尺寸,或第二进给速度功能
		○	○		○			F	进给速度功能
		○	○		○			G	准备功能
		○	○		○			H	永不指定(可作特殊用途)
		○	○		○			I	沿X坐标圆弧起点对圆心值
		○	○		○			J	沿Y坐标圆弧起点对圆心值
		○	○		○			K	沿Z坐标圆弧起点对圆心值
		○	○		○			L	永不指定
		○	○		○			M	辅助功能
		○	○		○			N	序号
		○	○		○			O	不用
		○	○		○			P	平行于X坐标的第三坐标
		○	○		○			Q	平行于Y坐标的第三坐标
		○	○		○			R	平行于Z坐标的第三坐标
		○	○		○			S	主轴速度功能
		○	○		○			T	刀具功能
		○	○		○			U	平行于X坐标的第二坐标
		○	○		○			V	平行于Y坐标的第二坐标
		○	○		○			W	平行于Z坐标的第二坐标
		○	○		○			X	X坐标方向的主运动
		○	○		○			Y	Y坐标方向的主运动
		○	○		○			Z	Z坐标方向的主运动
		○	○		○			.	小数点*
		○	○		○			+	加/正
		○	○		○			-	减/负
		○	○		○			*	星号/乘号*
		○	○		○			/	跳过任选程序段(省略/除)
		○	○		○			,	逗号*
		○	○		○			=	等号*
		○	○		○			(左圆括号/控制暂停
		○	○		○)	右圆括号/控制恢复
		○	○		○			\$	单元符号*
		○	○		○			:	对准功能/选择(或计划)倒带停止
		○	○		○			NL _{or} LF	程序段结束, 新行或换行
		○	○		○			%	程序开始
		○	○		○			HT	制表(或分隔符号)
		○	○		○			CR	清座返回(仅对打印机适用)
		○	○		○			DEL	注销
		○	○		○			SP	空格
		○	○		○			BS	反绕(退格)
		○	○		○			NUL	空白纸带
		○	○		○			EM	载体终了

注: *表示补充的不常用。

mm) 两种。利用孔道上孔的有无状态的组合, 表示各式各样的信息。图2-4所示为八通道标准穿孔纸带。

国际上通用的八单位数控孔带有EIA (美国电子工业协会) 代码和ISO (国际标准化协会) 代码。ISO代码见表2-3。

代码中有数字码、文字码和符号码。这些代码都是按二进制编码。

(2) 数控机床的坐标系及运动方向的命名 ISO及我国数控标准中都规定了坐标轴的名称及正、负方向。规定直角坐标用X、Y、Z表示, 常称基本(或标准)坐标系(即代码表中的主坐标系或第一坐标系)。X、Y、Z三者关系用右手定则判定, 如图2-5所示。

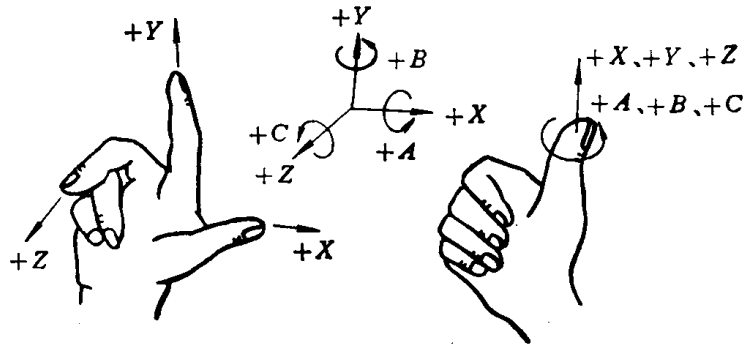


图2-5 坐标轴及运动方向

数控铣床规定台面纵向运动为X轴, 横向运动为Y轴, 铣刀轴向运动(或工作台升降运动)为Z轴。一般规定平行于机床主轴的坐标为Z轴, 取刀具远离方向为+Z。X轴为水平方向且垂直于Z轴。Y轴与X轴及Z轴垂直。

(3) 准备功能G与辅助功能M代码 在数控加工的程序中, 是用各种G指令和M指令来描述工艺过程中的各种操作和运动特征的。G和M代码标准(JB3208—83)见表2-4及表2-5。

表2-4 准备功能G代码

代 码	功能保持到或被取消或被同样字母表示的程序指令所代替	功能仅在所出现的程序段内有作用	功 能	代 码	功能保持到或被取消或被同样字母表示的程序指令所代替	功能仅在所出现的程序段内有作用	功 能
G00	a	—	点定位	G19	c	—	YZ平面选择
G01	a	—	直线插补	G20~G32	#	#	不指定
G02	a	—	顺时针方向圆弧插补	G33	a	—	螺纹切削, 等螺距
G03	a	—	逆时针方向圆弧插补	G34	a	—	螺纹切削, 增螺距
G04	—	*	暂停	G35	a	—	螺纹切削, 减螺距
G05	#	#	不指定	G36~G39	#	#	永不指定
G06	a	—	抛物线插补	G40	d	—	刀具补偿/刀具偏置注销
G07	#	#	不指定	G41	d	—	刀具补偿—左
G08	—	*	加速	G42	d	—	刀具补偿—右
G09	—	*	减速	G43	#(d)	#	刀具偏置—正
G10~G11	#	#	不指定	G44	#(d)	#	刀具偏置—负
G17	c	—	XY平面选择	G45	#(d)	#	刀具偏置+/+
G18	c	—	ZX平面选择	G46	#(d)	#	刀具偏置+/-